

DISEÑO Y EJECUCION DE LA ESTRUCTURA SOPORTE DE CAMARAS DE COQUE

Martín, D.^{1.*}

(1) *Técnicas Reunidas, S.A., Madrid, España*

RESUMEN:

El diseño de las estructuras que se utilizan para albergar las cámaras de coque posee unas particularidades derivadas de las características intrínsecas del proceso de coquizado. Las cámaras de coque tienen diámetros de más de 10m y longitudes de más de 40m, pesos en vacío de unas 400t y en operación de más de 3500t. La altura a la que suelen estar colocadas es de unos 25 m sobre el suelo y alrededor y sobre las mismas se ha de construir una estructura metálica que llega a los 120m de altura sobre el suelo.

La construcción tiene también una serie de condicionantes a causa del método constructivo, que se resume en la ejecución de la estructura de hormigón inferior, una vez posicionadas las cámaras de coque se procede al izado y anclado de subestructuras metálicas a sus posiciones definitivas. Las grúas necesarias para realizar esas operaciones, de más de 1500t de capacidad de carga y alturas que superan los 150m, también determinan las fases y espacios necesarios para desarrollar los trabajos.

Palabras clave: Coque, cámara, grúa, chute, pit.

DESIGN AND CONSTRUCTION OF COKE DRUMS SUPPORTING STRUCTURE

ABSTRACT:

The design of structures that are used to support the coke drums has some peculiarities arising from the intrinsic characteristics of the coking process. Coker drums have diameters above 10m and lengths over 40m, empty weights of 400t and operation weights over 3500t. The height in which these drums are located is about 25m above ground and around them it has to be built a steel structure that reaches 120 m above ground.

The construction also has a number of constraints because of the constructive method, which is summarized in the execution of the concrete structure; after positioning the coke drums, steel substructures are hoisted and anchored to their final positions. The cranes that are used to perform these operations have loading capacities over 1500t and heights over 150 m, and also determine the phases and space required for carrying out the work.

Key words: Coke, drum, crane, chute, pit.

* dmgil@trsa.es
diegomg72@gmail.com

1. Introducción

En el mundo de las refinerías se produce una constante renovación y perfeccionamiento de los procesos químicos para aprovechar cada vez más los combustibles fósiles y obtener más productos que poder comercializar.

El fundamento teórico del proceso de Coquización Retardada es convertir al máximo el residuo, pesado y de poco valor procedente de la destilación del petróleo, en productos ligeros, como gasolina y gasóleo, produciendo a su vez carbón de coque sólido que se utiliza, sobre todo, como combustible. Al calentar el residuo pesado a temperaturas de más de 500°C se facilita la reacción de coquización y mediante unas lanzas de más de 30m se inyecta vapor de agua junto con la alimentación para aumentar la velocidad del fluido en los hornos y evitar que la reacción se produzca antes de alcanzar las cámaras de coquización, donde se produce de manera controlada.

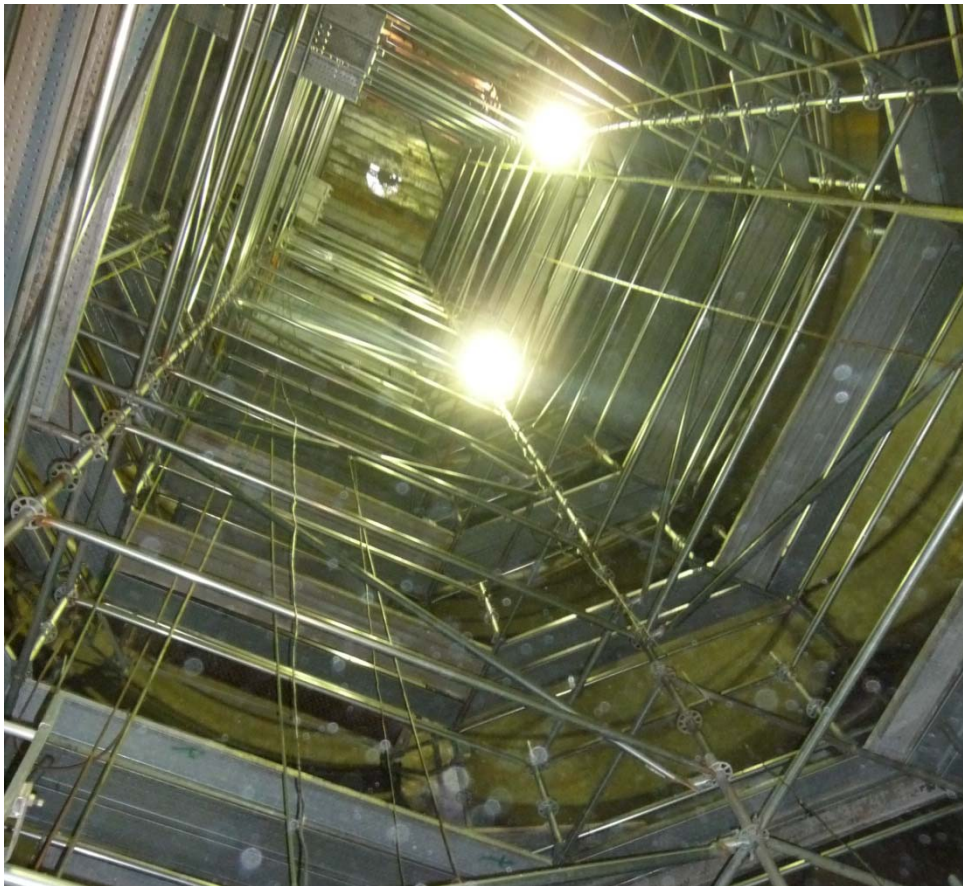


Figura 1. Andamiaje del interior de una cámara de coque

El carbón de coque, una vez producido, cae por la parte inferior de las cámaras y, deslizándose por unos trampolines -“chutes”- se acumula en unas piscinas -“pits”-. La altura a la que se suelen situar las cámaras de coque es de unos 25m desde el suelo. Esta elevada posición, junto con las características intrínsecas a las cámaras de coque y al resto de elementos necesarios para realizar el proceso de coquizado van a condicionar las características de la estructura soporte.

Las unidades de coquizado se suelen hacer de dos ó cuatro cámaras, si bien se han construido unidades de coquizado con tres cámaras de coque. Durante el desarrollo del proceso de coquización retardada, en las diferentes cámaras se están realizando en un momento dado las diferentes fases del mismo, siendo la duración total del mismo variable entre las 20 y las 36 horas de forma general. Con esta planificación del proceso se obtiene una producción continua de carbón de coque y una optimización de las acciones que ha de resistir en operación la estructura soporte de las cámaras.

2. –Características de las cámaras de coque.

Los recipientes en donde tienen lugar los procesos de coquización son de forma cilíndrica, estrechada en los extremos, con un diámetro que pueden variar entre los 7 los 11m y longitudes que van desde los 30m hasta superar los 40m. En la actualidad se tiende a fabricar cámaras de coque cada vez más grandes, ya que de esta forma se incrementa la rentabilidad de la inversión en términos de producción.

Las cámaras de coque tienen unos pesos en vacío que van desde las 250t hasta unas 400t en el caso de las mayores del mercado. Durante las diferentes etapas del proceso de producción de carbón de coque, las cámaras se llenan de residuo pesado para la fase de operación; en la fase de enfriamiento se les añade agua, y es en este momento donde las cámaras tienen un mayor peso, con valores que pueden superar las 3500t por cámara.



Figura 2. Transporte especial para cámara de coque

Alrededor de las cámaras de coque se construye una estructura metálica, diseñada para soportar las tuberías -por las que se introduce el residuo pesado en las cámaras- y las diferentes plataformas de acceso a los instrumentos de medición y control colocados a lo largo de las mismas. De igual modo, se ejecutan a ambos lados de la estructura principal de las cámaras una caja de escaleras en un lado y otra caja de ascensor en el opuesto, que llegan hasta la unos 60m de altura. En este nivel y sobre las cámaras, se encuentra una plataforma de coronación, la “operating deck”, sobre la que se posicionan, además de casetas de control, válvulas, poleas de izado y demás elementos, los pilares metálicos de arranque de las torres de guiado -“derricks”- de las lanzas, que introducen agua a presión dentro de las cámaras. La altura total de la estructura metálica puede llegar a superar los 120m de altura.

3. –Condicionantes dimensionales de la estructura soporte

La posición de las cámaras de coque en la estructura soporte condiciona las dimensiones de la estructura soporte de las mismas. De forma general, la estructura sobre la que descansan las cámaras de coque, se construye mediante vigas y pilares de hormigón armado con secciones de unos 4m² de área. El espesor de la losa de apoyo de las cámaras de coque adopta valores

cercanos a los 2m. La cimentación de pilares de secciones 2x2m ha de ser adecuada a los mismos, y si bien depende de las características geotécnicas, se puede afirmar que son habituales dimensiones superiores a 40m² para el caso de encepados, con espesores de 1.5m ó mayores.

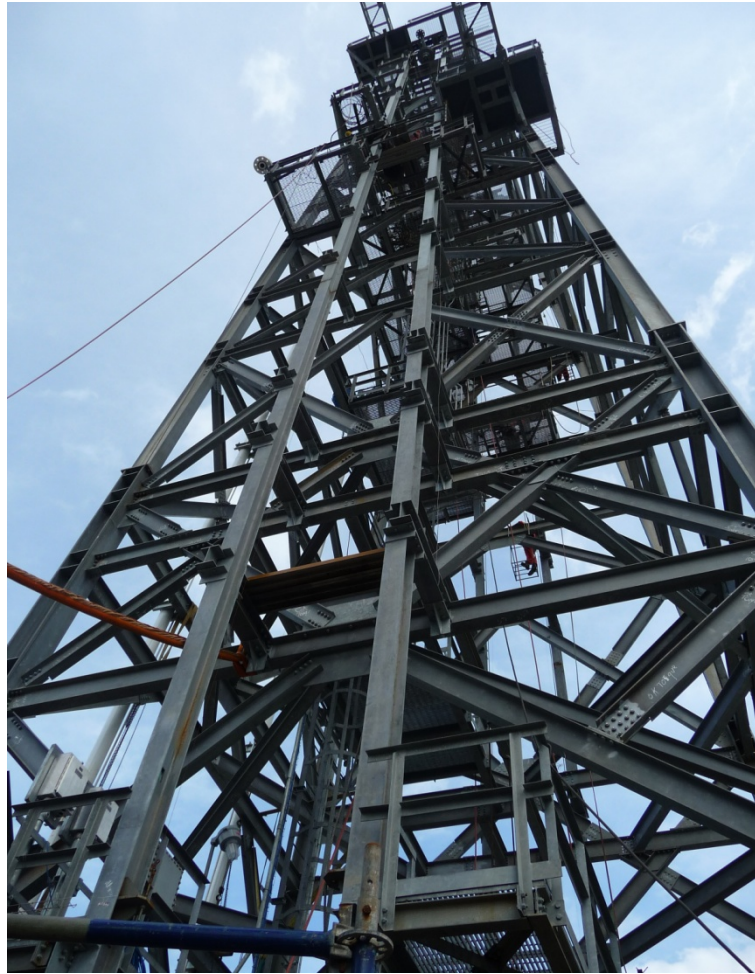


Figura 3. Vista de un “derrick” desde la “operating deck”

El hormigonado de elementos de cimentación de 60m³ no tiene condicionantes especiales en cuanto a su coordinación; sin embargo hay que prestar especial atención al hormigonado de la losa superior donde descansan las cámaras, que en el caso de unidades de coquizado con 4 cámaras puede tener una superficie total –ya descontados los huecos para las cámaras – de más de 270m², con lo que el volumen total de la misma superará los 500m³. La gestión del proceso de hormigonado de esta losa, que requiere más de 50 hormigoneras de 10m³, ha de ser planificada con suma precisión, en ocasiones coordinando la producción de varias plantas de hormigonado.

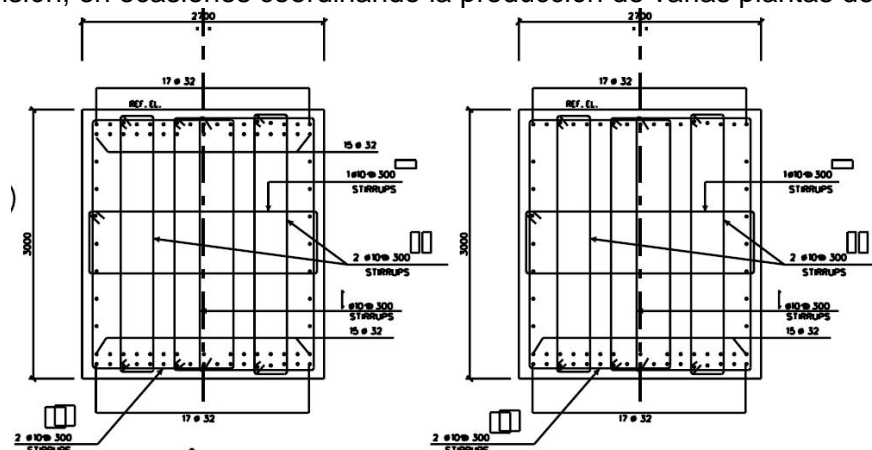


Figura 4. Secciones y armados típicos de vigas de la estructura soporte de hormigón

Al ser los elementos de hormigón armado tan masivos, es necesario tener en cuenta en el diseño del hormigonado de los mismos los tiempos en los que se ha de realizar y el control del calor de hidratación que se puede generar en el proceso de fraguado. En ocasiones se hace necesaria la colocación en la losa de una armadura de atado a media altura para controlar las tensiones que se generan en el hormigón durante los procesos de fraguado y curado.

Con unas dimensiones muchas veces superiores a las del HEM-1000, los pilares principales de la estructura principal que rodea las cámaras tienen placas de anclaje que superan los 1500mm de lado, con espesores mayores de 50mm. Los pernos de anclaje, de alta resistencia, pueden ser de unos 80mm de diámetro. Todo esto da lugar a unas congestiones de armado importantes en las esquinas de la losa de apoyo de las cámaras, donde hay que colocar el acero de armar y los pernos de anclaje de las placas. En ocasiones es necesario realizar un replanteo al milímetro de todos elementos existentes en esas zonas, barras de acero de armar y pernos de anclaje, para evitar problemas de ejecución en obra, sobre todo cuando se hace necesario el uso de llaves de cortante en las placas de anclaje. El uso de plantillas de acero para situar los pernos de anclaje de las placas suele ser práctica habitual en estos casos.

Respecto al anclaje de las cámaras de coque, de un tiempo a esta parte se han empezado a utilizar pernos pasantes, de unos 2500mm de longitud, que se posicionan mediante plantillas de acero y se fijan a la losa mediante tuerca y contratuerca contra el anillo inferior y sistemas de fijación elásticos en la parte superior de la losa, para poder absorber las variaciones tensionales que inducen a la fatiga de los pernos a causa del “efecto banana”, que se produce durante las distintas fases del proceso de coquizado.



Figura 5. Vista general de la estructura metálica principal que rodea las cámaras de coque

Desde la plataforma superior de la estructura principal de las cámaras de coque se alzan las torres guía para las lanzas de más de 30m que introducen agua a presión en las cámaras de coque. Cada torre da servicio a dos cámaras y tiene que limitar sus desplazamientos para evitar que la lanza se deforme. Las lanzas, asimismo, a causa de su movimiento rotatorio al introducirse en las cámaras de coque inyectando agua a presión, también ejercen pares de fuerzas en las guías de las torres, que es necesario sean resistidos por las mismas.

4. –Construcción de la estructura para cámaras de coque.

Para ejecutar la zona inferior de la estructura, de hormigón armado, no hay que tener mayores precauciones que la de cuidar que en el hormigonado de los diferentes tramos de pilares, de unos 6m de longitud, no se produzcan segregaciones de áridos ni inclusiones de aire que ocasionarían coqueras en los distintos elementos. Las zonas muy armadas también requieren una especial atención, sin que presenten mayores dificultades de ejecución. Como contrapunto, elevar a unos 25 m de altura recipientes que pesan unas 350t sí requiere una metodología más estudiada. Para realizar estas operaciones de izado se requieren unas grúas, que suelen moverse sobre orugas y que superan las 1000t de capacidad, siendo bastante frecuente que sobrepasen las 1500t.

La recepción y el montaje de las grúas es en sí un proceso que ha de ser estudiado, ya que las grúas se han de montar en una planta que se está construyendo y requieren grandes espacios para acumular las distintas partes que las forman. De forma general una grúa de este tipo se suele transportar por barco hasta el punto más cercano a la refinería, y desde allí a la misma en camiones de gran tonelaje.

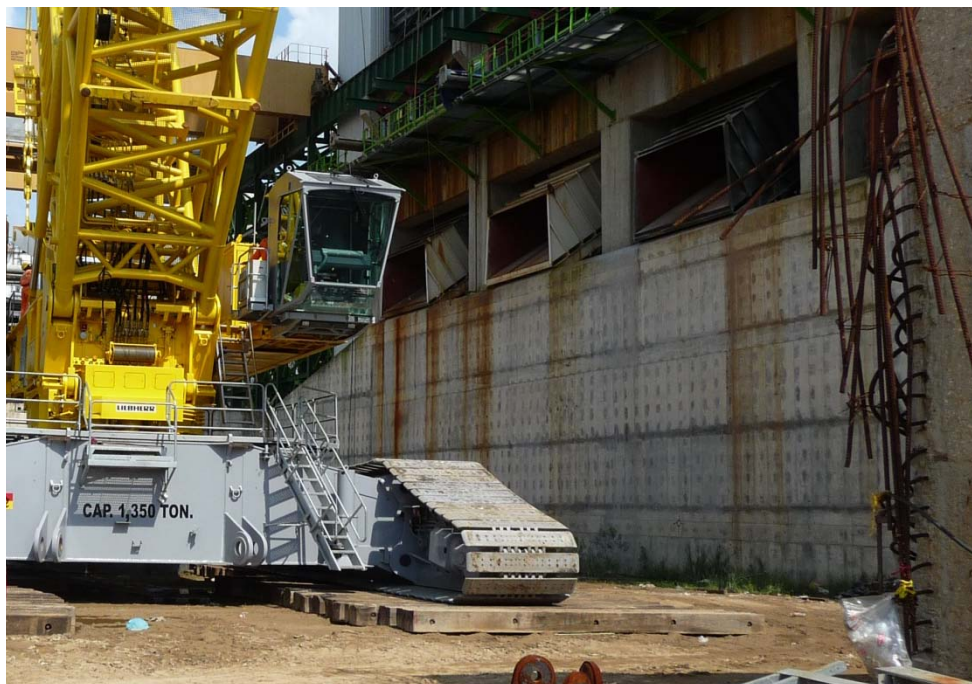


Figura 6. Vista inferior de una grúa principal de izado

Una grúa principal de izado típica tiene una base principal compuesta de dos orugas de unos 10m de longitud y 1.50m de altura, separadas unos 10m; entre las mismas se monta el motor, la cabina y las poleas inferiores. Si bien pareciera que con dimensiones en planta de más de 100m², la resistencia del terreno no es un problema, se han de analizar las máximas tensiones que transmite al suelo una grúa de estas dimensiones cuando utiliza su máxima capacidad de carga ó en los procesos de izados de módulos a grandes alturas. El resultado suele ser que en algunas de estas situaciones las grúas transmiten al terreno tensiones de más de 5Kg/cm², lo que hace en ocasiones necesario realizar un tratamiento del terreno por el que se va a desplazar la grúa en los procesos de izado.

El montaje de las plumas de la grúa principal se ha de realizar en el suelo, para lo que se requieren longitudes llanas y rectas de unos 150m, que no son tan frecuentes en una refinería en construcción. Alrededor de la zona de montaje se han de poder desplazar otras grúas que transportan los diferentes tramos de la gran grúa de izado de las cámaras de coque. La colocación de los contrapesos también requiere la acción de grúas accesorias.

Si se considera que el alquiler de una grúa de 1500t puede costar unos 10000\$ al día, es necesario optimizar los procesos de montaje para evitar encarecer demasiado el mismo. La llegada de la grúa a la refinería se suele adelantar el tiempo necesario para su montaje antes de

que lleguen a la misma las cámaras de coque. El izado de las cámaras de coque se realiza utilizando la grúa principal y una grúa de retenida, que ayudará a controlar los movimientos de la cámara de coque y los módulos en los procesos de izado y posicionamiento. Si se atiende a la estructura metálica, en la actualidad se tiende a ejecutar en grandes módulos, que se fabrican por partes en grandes talleres y se transportan a la refinería, procediéndose a su ensamblado final en zonas cercanas a la posición que ocupa la grúa principal.



Figura 7. Proceso de izado de las cámaras de coque, estando ejecutada parte de la estructura principal.

Es claro que la capacidad de la grúa disminuye a medida que se incrementa la altura de izado, por lo que el despiece de la estructura completa en módulos ha de tener en cuenta este hecho, reduciendo las dimensiones de los mismos conforme se han de alcanzar mayores alturas. En estas operaciones de izado es conveniente utilizar elementos metálicos auxiliares que eviten deformaciones de los módulos durante el proceso, así como evitar que los cables de izado tengan ángulos distintos de la vertical, con objeto de mantener la geometría de los módulos, necesaria para proceder al ensamblaje general una vez situados los mismos en sus posiciones finales.

BIBLIOGRAFÍA

Martín, D., 2009. "Apuntes de Coquización retardada". S/P